

## PERSPEKTIVE UPORABE FUNGICIDOV NA PODLAGI BAKRA

Mario LEŠNIK<sup>1</sup>, Vesna GABERŠEK<sup>2</sup>, Vili KURNIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Maribor

<sup>2,3</sup>Cinkarna metalurško kemična industrija Celje d.d.

### IZVLEČEK

V prispevku so analizirani aktualni trendi glede zmanjševanja porabe fungicidov na podlagi bakra za zatiranje rastlinskih boleznih v Evropi. Predstavljene so nekatere nove formulacije bakrovih pripravkov, ki so učinkovite in ekološko sprejemljivejše od obstoječih klasičnih, s katerimi bi lahko zmanjšali bodoči vnos bakra v okolje in podaljšali njegovo uporabo v varstvu rastlin. Podajamo pregled stanja ponudbe alternativnih pripravkov in njihove možnosti za potencialno zamenjavo bakrovih pripravkov pri najpomembnejših posevkih in nasadih (jablana, vinska trta, krompir, ...). Predstavljena so tudi nekatera prizadevanja slovenske kemične industrije za izdelavo novih formulacij bakrovih pripravkov.

**Ključne besede:** bakrove spojine, formulacije pripravkov, zatiranje boleznih, okolje

### ABSTRACT

#### THE USE OF COPPER-BASED FUNGICIDES AND THEIR PROSPECTS FOR THE FUTURE

We examined present trends for the reduction of use of copper-based fungicides for the control of plant diseases in Europe. Some new formulations of copper-based fungicides are presented, which are effective and environmentally more acceptable than the existing classical formulations. By switching to these new formulations, we could reduce the future input of copper compounds into agricultural environment and prolong the use of copper fungicides for plant protection purposes. New alternative plant protection products are discussed in respect with their usefulness and potential for replacing of copper compounds in the control of diseases of most important agricultural crops (apple, grapevine, potato, ...). Efforts of domestic Slovenian chemical industry to develop new formulations of copper fungicides are also presented.

**Key words:** copper fungicides, fungicide formulations, diseases control, environment

## 1 UVOD

Pripravke na podlagi bakrovih spojin uporabljamo že stoletje dolgo za zatiranje desetih glivičnih in bakterijskih boleznih gojenih rastlin. Pri zatiranju glivičnih boleznih v sistemih integrirane pridelave so bakrovi pripravki dodatno pomembni za upočasnjevanje procesov razvoja odpornosti na klasične organske fungicide, pri ekološkem pridelovanju pa je baker temeljno sredstvo za kemično zatiranje mnogih boleznih. V vseh sistemih pridelovanja je baker predvsem nepogrešljivo sredstvo za zatiranje bakterijskih boleznih.

Baker je v majhnih količinah potreben večini organizmov (Anonimno, 1988). Poraba za rast in razvoj organizmov je tako majhna, da ne more vplivati na stanje zaloga bakra v tleh, ki

<sup>1</sup> izr. prof., dr. agr. znan., Pivola 10, SI-2311 Hoče

<sup>2</sup> univ. dipl. inž. agr., Kidričeva 26, SI-3001 Celje

<sup>3</sup> univ. dipl. inž. kem. znan., prav tam

nastanejo zaradi dolgotrajne uporabe bakrovih pripravkov (Borkow in Gabbay, 2007). Ker je kroženje v biotičnih sistemih prepočasno pride do kopičenja in pojavov tako velikih koncentracij, ki so merljivo škodljive, tako za makro in mikro favno, kot floro kmetijskih in robnih habitatov (Georgopoulos *et al.*, 2001; Van Zwieten, *et al.*, 2004b).

Osnovne poti ublažitve negativnih ekoloških posledic dolgotrajne uporabe bakrovih pripravkov so: zmanjšanje števila letnih uporab in odmerkov klasičnih bakrovih pripravkov, kombiniranje zmanjšane uporabe klasičnih pripravkov s povečano uporabo biotičnih pripravkov (ločene ali združene aplikacije), uvajanje novih formulacij bakrovih pripravkov z bistveno povečano učinkovitostjo pri bistveno manjših hektarskih odmerkih in popolna opustitev uporabe bakrovih pripravkov ter nadomestitev z drugimi (Golba, 2001; Goebel *et al.*, 2004; Van Zwieten *et al.*, 2004; Anonimno, 2007a, 2007c).

Osnovni vprašanja pri reševanju neugodnih ekoloških učinkov sta; ali imamo dovolj alternativnih pripravkov, da se popolnoma odpovemo nadaljnji rabi bakrovih pripravkov in, ali je možno spremeniti formulacijske oblike bakrovih pripravkov na način, da bi ohranili biotično učinkovitost proti povzročiteljem bolezni pri nekaj desetkrat manjših odmerkih?

Nekatere možne odgovore na ti dve vprašanji želimo predstaviti v tem prispevku. Bakrovi pripravki so velik paradoks sodobnega časa. Po eni strani so temelj varstva proti mnogim boleznim v ekološkem kmetijstvu, po drugi strani, pa ne izpolnjujejo pričakovanj, glede toksikoloških lastnosti, ki jih morajo izpolnjevati sodobni pripravki za varstvo rastlin v integrirani in konvencionalni pridelavi. Tudi v Sloveniji bi morali izdelati jasne strategije glede uporabe bakrovih pripravkov v varstvu rastlin v bodoče, posebej še zato, ker se veliko govori o potrebi po občutnejšem uvajanju ekoloških pridelovalnih sistemov. Ta prispevek skuša podati nekatere podlage za oceno možnosti za korake v tej smeri.

## 2 METODE DELA

V prispevku želimo predstaviti pregled nekaterih aktivnosti v Evropi s katerimi skušajo evropske države občutno zmanjšati porabo bakrovih pripravkov, bodisi na način, da razvijajo alternativne pripravke za popolno prenehanje uporabe (predvsem za ekološko kmetijstvo), ali da spreminjajo formulacijske oblike in pri tem skušajo doseči občutno zmanjšanje letnih hektarskih odmerkov. Slovenija ni posebej aktivna pri nobeni smeri raziskovanja, zato se moramo učiti na tujih izkušnjah. V prispevku podajamo osredotočen pregled dogajanj pri zatiranju treh gospodarsko pomembnih bolezni: peronospore vinske trte (*Plasmopara viticola*), jablanovega škrlupa (*Ventura inaequalis*) in krompirjeve plesni (*Phytophthora infestans*). Pregledali smo nekatere javno dostopne rezultate velikih raziskovalnih projektov, kot so na primer Repco, Blight-MOP, StopScab, Öko-Symphit, TruFood in nekaj državnih strategij za zmanjšanje porabe bakrovih pripravkov. Na podlagi pregleda nekaterih objav smo izdelali preglednice v katerih je prikazana primerjava učinkovitosti alternativnih pripravkov glede na učinkovitost bakrovih pripravkov. Podatki v preglednicah so »sintetični« in zajemajo pavšalne pričakovane intervalne vrednosti v nekih povprečnih poskusnih razmerah uporabe. Glavni namen prikaza ni posredovanje absolutnih številčnih vrednosti, temveč le podajanje ocene o tem, koliko se alternativni pripravki po doseženi učinkovitosti lahko približajo bakrovim pripravkom. Absolutne učinkovitosti alternativnih pripravkov niso prikazane kot neposredni citati, ker bi prispevek sicer bil preveč obsežen. Za analizo absolutnih vrednosti je s strani zainteresiranih potreben podrobnejši pregled citirane literature.

### 3 REZULTATI IN RAZPRAVA

#### 3.1 Razumevanje neugodnih ekotoksikoloških učinkov bakrovih spojin

Osnova dejstva so povzeta po: Anonimno, 1988; Georgopoulos *et al.*, 2001; Van-Zwieten *et al.*, 2004, 2007; Borkow in Gabbay 2007 in Anonimno, 2008. Bakrovi ioni se po vstopu v celice živih organizmov neselektivno in močno vežejo v številne organske molekule zastopane v njih. To so molekule encimov, ki usmerjajo potek življenjskih reakcij, splošne strukturne molekule (npr. strukture biotičnih membran) in tudi molekule dedne snovi (DNK, RNK, ...). Vezava nanje ima za posledico različne oblike akutnih ali kroničnih poškodb, ki se izrazijo na celičnem in tkivnem nivoju, kot tudi na funkcionalnem ter razmnoževalnem nivoju prizadetih organizmov. Na splošno bakrovih pripravkov ne štejemo, kot toksikološko neposredno akutno zelo nevarne za izvajalce aplikacije pripravkov (Anonimno, 2008). Prav tako ni jasnih dokazov o rakotvornosti, reproduktivni toksičnosti ali učinku hormonskih motilcev. Akutnih zastrupitev z bakrovimi pripravki v kmetijstvu (ljudje, domače in divje živali) je malo, čeprav je po ocenah EFSA (Anonimno, 2008b) potencialno tveganje za sesalce ocenjeno kot visoko, tako v akutnem, kot v kroničnem pogledu. Visoko dolgoročno tveganje je navedeno za deževnike (Anonimno, 2008b). Ker je baker zelo trajno onesnaževalo so posebej izraženi kronični učinki, ki jih težko količinsko opredelimo. Prizadeti so torej vsi živi organizmi, ki ne uspejo preprečiti vstopa bakrovih ionov v njihov telesni sestav. Posebej so izpostavljeni organizmi talne mikro in makro favne ter vodni organizmi. V ekološkem kmetijstvu so tudi težave pri združevanju pridelave v trajnih nasadih z živinorejo, kjer v nasadih pasemo drobnico, govedo ali celo perutnino. Pri takšnih načinih pridelovanja lahko domače živali zaužijejo velike količine bakra s krmo.

#### 3.2 Razumevanje formulacijske strukture bakrovih pripravkov

Baker primarno deluje zatiralno na ciljne organizme tako, da prosti bakrovi ioni ( $\text{Cu}^{++}$ ) v vodotopni obliki vstopajo v notranjost njihovih celic (troši in micelijih gliv, celice bakterij, ...) in se vežejo na encime, ki ne morejo več opravljati svoje funkcije. Poznamo tudi druge mehanizme delovanja, kjer baker deluje zunanje na celične stene in membrane gliv in bakterij, ne da bi vstopal globoko v notranjost. To so mehanizmi, ki so pomembni za izrazito netopne oblike, kot so na primer bakrovi oksidi in oksikloridi. Pri takšnih bakrovih spojinah patogeni organizmi izločijo sekundarne metabolite, ki reagirajo z bakrovimi spojinami in sami omogočijo njihovo razstrupitev z nastalimi bakrovimi kompleksi. Bakrovi pripravki lahko temeljijo na več kot 40 različnih bakrovih spojinah (glej preglednico 1). Najbolj znane in pri nas pogosto uporabljene so bakrovi sulfati, kloridi, oksidi, hidroksidi in oksikloridi.

Pri formulaciji pripravkov izdelovalci težijo k idealnemu razmerju med topnostjo in obstojnostjo fungicidne obloge. S povečevanjem topnosti se poveča hitrost sproščanja ionov, hitrost spiranja obloge in obseg prodiranja ionov v tretirane rastline. Tako se na primer sulfati bistveno hitreje sproščajo od hidroksidov in ti hitreje od oksikloridov. Povečan vstop v rastline, kot posledica povečane topnosti ali kompleksne vezave bakra na nosilne spojine (beljakovine, aminokisliline, EDTA, maščobne kisline, ...) ima dobre in slabe posledice. Dobro je to, da na tak način dobimo polysistemične ali celo sistemične komplekse, ki imajo tudi notranjo in kurativno učinkovitost proti glivam in bakterijam. Hkrati pa se zaradi povečanega vstopa v rastline poveča fitotoksičnost in vsebnost ostankov v plodovih. Za nekatere starejše formulacije je bilo značilno, da se je baker iz fungicidne obloge zaradi zelo nizke topnosti sprostil le v zelo majhnem obsegu. Praktično je to pomenilo, da je v biološko aktivno obliko  $\text{Cu}^{++}$  ionov iz obloge v nekaterih primerih prešlo celo manj kot 1 % od skupne količine nanesenega bakra. To je pomenilo, da se je na primer pri letnem nanosu 4000 g  $\text{Cu}^{++}$  / ha iz

obloge nekega pripravka sprostito manj kot 40 g Cu<sup>++</sup> / ha, ki so dejansko opravili biotični zatiralni učinek. Vsa ostala nanescena količina je bila biotično neizrabljena in je predstavljala zgolj stranski odpadni produkt in nepotreben kontaminant okolja. Za doseganje učinka smo torej potrebovali le nekaj deset gramov, nanescili pa smo nekaj tisoč gramov. Primer ilustrira, kako nesmotno smo delovali v preteklosti in kopičenje v tleh je posledica izredno nizkega biotičnega izkoristka nanescenih pripravkov. V zadnjih desetletjih in v prejšnjem stoletju smo morda porabili toliko pripravkov, da bi z njimi pri izboljšanih formulacijskih oblikah lahko rastline proti boleznim varovali kar nekaj stoletij.

Naloga sodobnih formulacij je torej bistveno povečati biotični izkoristek nanescenega bakra. Samo s povečanjem topnosti to ne gre. Če občutno povečamo topnost nam oblogo izpere dež, preden bakrovi ioni opravijo zatiralni učinek. Tudi v tem primeru je končni izkoristek slab. Prava pot je nekje vmes, v sistemu fungicidne obloge s kontroliranim dolgotrajnim sproščanjem bakrovih ionov. Razlike v topnosti bakra v različnih formulacijah se lahko razlikujejo za nekaj 1000 krat. Tako so na primer prosti bakrovi sulfati vsaj 2000 krat bolj topni od nekaterih oblik bakrovih hidroksidov in celo nekaj deset tisoč krat od bakrovih oksidov. Upoštevati moramo tudi, da tekočine na površju rastlin niso nevtralne temveč lahko imajo zaradi atmosferskih vplivov in rastlinskih izločkov zelo različne pH vrednosti, kar ima velik vpliv na topnost bakrovih spojin. Pomembno vlogo pri sproščanju ionov ima velikost delcev fungicidne obloge in tip kristalov iz katerih je grajena obloga (mreža, paličice, snežinke, ...). Z zmanjševanjem delcev (celo pod 0,1 μm – nano formulacije) se precej poveča topnost in aktivnost, vendar lahko nano delci hkrati povečajo nekatera toksikološka tveganja (vdihavanje).

Preglednica 1: Nekatere formulacijske oblike bakrovih pripravkov, ki jih uporabljamo v varstvu rastlin pred boleznimi

Komercialno ime pripravka	Kemična oblika bakra	Vsebnost Cu (%)
CUPRABLAU	Cu-hidroksid (dodatki Zn, ...)	34-36
CINKARNA PFCu	Cu-hidroksid-EDTA kompleks (poskus. form.)	5-10
CHAMPION, KOCIDE	Cu-hidroksid	50
FUNGURAN, RAMIN	Cu-oksiklorid	50
MODRE GALICE	Cu-sulfat pentahidrat + razni dodatki	10-20
PROTEX - CU	Cu-sulfat - čiste raztopine brez pH regulatorja	5-6
BORDOJSKA BROZGA	Cu-sulfat + dodatki za regulacijo pH	20-25
KUPRO	Cu-oksi-sulfat + dodatki za regulacijo pH	18-20
COBRE NORDOX	Cu-oksidi (črni baker)	50-70
COPTREL	Cu-oksidi – sečnina kompleks	30-35
COPPER ACETATE	Cu-acetat	10-15
CUEVA	Cu-oktanoat (kompleks maščobne kisline)	10
LIQUICOP	Cu-amonij-acetat	8-10
CELTIC	Cu-amonij-klorid-hidrat	5-10
BIOACUMEN	Cu-pektinat (kompleks s pektini)	5-10
LABICUPER	Cu-glukonat	8-10
RAZNI PRIPRAVKI	Cu-oleat, Cu-kvinolinat, Cu-stearat, ...	5-10
COPPER CB	Cu-karbonat	40-50
SP-URANIA KUPFER	Cu-tio-laktat	5-7
COPPER PROTEIN	Cu-klorid-peptidat (kompleks s proteini)	2-3
NATURAM, PEPTIRAM	Cu-aminokislinski kompleksi	5-7

Iz številnih poskusov raziskovalci v industriji natančno vedo, kolikšne so minimalne koncentracije bakrovih ionov v raztopinah na površju rastlinskih organov, da zatrejo kaleče konidije škrlupa ali kaleče zoospore peronosporne vinske trte in fitofitore krompirja. Te koncentracije se gibljejo med 1 in 5 mmol Cu<sup>++</sup> na liter. Cilj pri formuliranju pripravkov je

torej zagotavljati konstantno minimalno potrebno koncentracijo v raztopini na površju omočenih rastlinskih organov. Iz ciljne koncentracije lahko, glede na izkoristek bakrovih ionov iz obloge natančno izračunamo, koliko pripravka je potrebno nanesti na hektar nasada, da bomo vzpostavili želeno koncentracijo za neko znano časovno obdobje. Izdelovalci pripravkov skušajo narediti takšne formulacije, ki bi vsebovale različne oblike bakrovih kompleksov s kemijsko časovno kontroliranim sproščanjem. Izdelava takšnih pripravkov zahteva veliko raziskovalnih naporov in je draga. Bakrovi pripravki so na splošno vedno veljali za cenene. V poslovnem smislu ponudniki pripravkov težko združijo drago vrhunsko tehnološko proizvodnjo s cenanim pripravkom. Če temu dodamo še veliko negotovost glede uveljavitve novih toksikoloških kriterijev (angl. cut off criteria) je pripravljenost industrije za vlaganja za posodabljanje formulacij majhna. Lahko se zgodi, da ob zaostitvi toksikoloških kriterijev kemična industrija preprosto ne bo več pripravljena vlagati v proizvodnjo bakrovih pripravkov. To lahko še dodatno pospeši umikanje le teh iz uporabe.

Preglednica 2: Povprečne pričakovane učinkovitosti (%), Abbot) biotičnih pripravkov pri vsaj 8 do 10 preventivnih nanosih polnih odmerkov za zatiranje peronospore vinske trte v primerjavi z učinkovitostjo 6 do 8 nanosov (vsakič vsaj 200 g Cu<sup>++</sup> / ha) klasičnih bakrovih pripravkov (K Cu) in novih formulacij bakrovih pripravkov (NF Cu)

Komercialni naziv pripravka	Aktivna snov:	Učinkovitost (%), Abbot)
TRICHODEX	gliva <i>Trichoderma</i> sp.	50-70 %
SERENADE	bakterija <i>Bacillus subtilis</i>	50-60 %
CLONOTRI	gliva <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Clonstachis rosea</i>	70-80 %
AGAT – 25 K	Produkti fermentacije <i>Pseudomonas aureofaciens</i>	50-60 %
MYCOSIN	Obogateni minerali glin + rastlinski izvlečki	50-75 %
ULMASUD	Obogateni minerali glin	50-70 %
ELOT-Vis forte	Alkoholni izvlečki rastlin	45-55 %
FERTIFEUILLE	Izvlečki in razkrojki iz mahov	30-50 %
PHYTO-VITAL	Razkrojki lignina	30-45 %
SAPONIN, YUCCA ext.	Izvlečki rastlin iz rodu <i>Yucca</i> ( <i>Y. schidigera</i> )	50-60 %
SAULE ext.	Izvlečki rastlin iz rodu <i>Salix</i> ( <i>Salix</i> sp.)	45-60 %
INULEX	Izvlečki rastlin iz rodu <i>Inula</i> ( <i>I. viscosa</i> )	30-50 %
NOVOSIL	Izvlečki rastlin iz rodu <i>Abies</i> ( <i>A. sibirica</i> )	30-50 %
TIMOREX	Izvlečki rastlin čajevca ( <i>Melaleuca alternifolia</i> )	20-40 %
LIQUORICE	Izvlečki rastlin <i>Glycyrrhiza glabra</i>	20-30 %
TRAPPER	Izvlečki plodov (tropin) pomaranč	40-45 %
TECNOBIOL	Kalijeve soli aktivirane v maščobnih kislinah	50-75 %
CHITOPANT	Izvlečki in razkrojki iz hitinjač rakov	35-50 %
KBV 99 Koppert	Raztopina laktoperoksidaznih encimov	50-60 %
FITOCLIN-BIO	Raztopina klinoptiolitov	50-65 %
ARMIKARB	Kalijev bikarbonat	60-80 %
FOSFIDOR	Kalijev fosfonat	50-80 %
K Cu	Cu-hidroksidi, Cu-sulfati, Cu-oksikloridi, ...	70-85 %
NF Cu npr. Labicuper, Cueva, Naturam, ...	Cu-aminokompleksi., Cu-oktanoati, Cu-glukonati, Cu-EDTA kompleksi, ...	80-95 %

### 3.3 Alternative bakru pri zatiranju peronospore vinske trte

Pri integrirani pridelavi grozdja je ponudba organskih fungicidov za zatiranje glive povzročiteljice peronospore tako velika, da ni velike potrebe za uporabo bakrovih pripravkov in bi se jim lahko v celoti odpovedali, če bi prišlo do popolne zaostitve ekoloških kriterijev. Pri ekološkem varstvu vinske trte pa ni tako. Osnovni alternativni pripravki na podlagi

rastlinskih izločkov v kombinaciji z minerali glin in manjšim številom biotičnih agensov, pri občutljivih sortah ne nudijo povsem zanesljivega varstva. Trenutna ponudba na peronosporo odpornih sort je premajhna. V preglednici 2 so predstavljeni sintetizirani rezultati nekaterih poskusov iz naslednjih bibliografskih virov: Pertot *et al.*, 2002, 2005; Berkelmann, 2003; Dagostin *et al.*, 2004, 2005, 2006, 2007; Gomez *et al.*, 2007; Mohr *et al.* 2007a, b; Tamm *et al.*, 2008. Kakšne bi bile razmere v ekološkem vinogradništvu ob popolni prepovedi bakrovih pripravkov je težko napovedati. Nekateri poskusi kažejo, da bi bilo ob zelo intenzivni uporabi alternativnih pripravkov (morda kakšnih 15-20 škropljenj letno) možno shajati brez njih. V nadpovprečno težkih letih, pri manj odpornih sortah bi se pač bilo preprosto potrebno sprijazniti z zmernimi (30-50%) občasnimi izgubami pridelkov.

### 3.4 Alternative bakru pri zatiranju jablanovega škrlupa

Glede odpornosti sort proti škrlupu imamo pri jablanah bistveno boljšo izbiro, kot pri sortah vinske trte odpornih na peronosporo. Izbor pripravkov primernih za ekološko pridelavo jabolk, je podoben tistemu, ki je na voljo v ekoloških vinogradih. Olajševalna okoliščina pri jablanah je to, da na škrlup dobro delujejo tudi žveplovi pripravki. Oteževalna to, da kupci pri eko-jabolkah pričakujejo povsem enako kakovost, kot pri konvencionalnih.

Preglednica 3: Povprečne pričakovane učinkovitosti (% Abbott) biotičnih pripravkov pri vsaj 12 do 14 preventivnih nanosih polnih odmerkov za zatiranje jablanovega škrlupa v primerjavi z učinkovitostjo 8 do 10 nanosov (vsakič vsaj 200 g Cu<sup>++</sup> / ha) klasičnih bakrovih pripravkov (K Cu) in novih formulacij bakrovih pripravkov (NF Cu)

Kom. naziv pripravka	Aktivna snov	Učinkovitost (% Abbott)
TRICHODEX	gliva <i>Trichoderma</i> sp.	15-30 %
SERENADE	bakterija <i>Bacillus subtilis</i>	30-60 %
CLONOTRI	gliva <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Clonstachis rosea</i>	30-45 %
MYCOSIN	Minerali glin (poletno obdobje, ne pred cvetenjem)	30-50 %
ULMASUD	Minerali glin (poletno obdobje, ne pred cvetenjem)	40-50 %
OEKOFLUID P	Minerali glin + lecitin + humusni izvlečki	30-45 %
FERTIFEUILLE, razni. pripr.	Izvečki in razkrojki mahov	10-25 %
NEUDOVITAL, razni. pripr.	Izvečki in razkrojki morskih alg + dodatki	10-30 %
IZVLEČKI KOMPOSTOV	Pripravki iz svežih ali prekuhanih kompostov	10-20 %
YUCCA ext., SAPONIN	Izvečki rastlin iz rodu <i>Yucca</i> ( <i>Y. schidigera</i> )	40-70 %
SAULE ext.	Izvečki rastlin iz rodu <i>Salix</i> ( <i>Salix</i> sp.)	20-25 %
INULEX	Izvečki rastlin iz rodu <i>Inula</i> ( <i>I. viscosa</i> )	15-25 %
NOVOSIL	Izvečki rastlin iz rodu <i>Abies</i> ( <i>A. sibirica</i> )	30-40 %
TIMOREX	Izvečki rastlin čajevca ( <i>Melaleuca alternifolia</i> )	20-35 %
TRAPPER, CITROX	Izločki plodov pomaranč (flavonoidni citrati)	30-45 %
ELIOT-VIS	Alkoholni izvlečki rastlin	10-20 %
MILSANA	Izločki rastlin <i>Reynoutria</i> sp.	10-20 %
QUILLAJA ext., QUIPONIN	Izločki rastlin <i>Quilaja saponaria</i>	60-75%
c-PRO	Izvečki iz jabolčnih pešk	30-40 %
TECNOBIOL	Kalijeve soli aktivirane v maščobnih kislinah	30-45 %
CHITOPLANT	Izvečki iz hitinjač rakov	30-40 %
ŽVEPLO	Žveplo - ventilirano (slab učinek pred cvetenjem)	40-60 %
ŽVEPLO	Ca – polisulfid (izboljššan učinek pred cvetenjem)	35-75 %
ARMIKARB, ECOCARB	Kalijev bikarbonat	50-75 %
FOSFIDOR	Kalijev fosfonat	50-75 %
K Cu	Cu-hidroksidi, Cu-sulfati, Cu-oksikloridi, ...	50-75 %
NF Cu	Cu-oktanoati, Cu-glukonati, Cu-EDTA	60-90 %

Podatki za oblikovanje preglednice 3 so povzeti po naslednjih virih: Golba, 2001; Goebel *et al.*, 2004; Lindhard *et al.*, 2004; Jong in Heijne, 2006; Köhl *et al.*, 2006; Bengtsson in Hockenhull, 2002, 2006; Bengtsson *et al.*, 2006; Kelderer *et al.*, 2006; Eiben in Lüth 2006; Pedersen *et al.*, 2006; Heijne *et al.*, 2006a, b, 2007; Anonimno, 2007a, c.

V mnogih eko-pridelovalnih območjih so uspešno zmanjšali porabo bakrovih pripravkov prav na račun občutno povečane porabe žveplovih pripravkov. To še posebej velja za dežele, ki so uporabo bakrovih pripravkov že prepovedale (npr. Danska). Zelo obetavni so pripravki na podlagi kalijevega karbonata, bikarbonata ali hidrogenkarbonata, kalijevih fosfonatov in njihovih kombinacij z nekaterimi rastlinskimi izvlečki (npr. yucca izvleček). Z intenzivnim škropilnim programom na podlagi žvepla, kalijevih karbonatov, mineralov glin in nekaterih rastlinskih izvlečkov (20-30 škropljenje letno) se lahko proti škrlupu uspešno borimo tudi pri dokaj občutljivih sortah. Pomemben del nove-stare strategije je pospešitev razpadanja listja z uporabo gliv razkrojevalk, ki onemogočijo razvoj saprofitske forme glive *V. inaequalis* v listju čez zimo. Preveliki ostanki bakra v listju lahko otežujejo antagonistično delovanje omenjenih gliv in razkroj listja s strani deževnikov. Seveda pa obstaja potreba po uporabi bakrovih pripravkov pri jablanah vsaj še proti jablanovemu raku (*Nectria galligena*), hruševem bakterijskem ožigu (*Erwina amylovora*) in bakterijskem ožigu skorje (*Pseudomonas syringae*).

### 3.5 Alternative bakru pri zatiranju krompirjeve plesni

Lahko bi rekli, da so možnosti za prenehanje uporabe bakrovih pripravkov pri krompirju v naših razmerah najslabše. Tudi pri integrirani in konvencionalni pridelavi krompirja bakrovi pripravki na začetku in pred sklepom rastne dobe pridejo zelo prav, da zmanjšamo selekcijski pritisk na glivo povzročiteljico plesni in s tem upočasnimo razvoj odpornosti na organske fungicide. V konvencionalni pridelavi bi bilo možno takoj opustiti uporabo bakrovih pripravkov. Napredek pri vzgoji novih, na plesen odpornih sort krompirja je občuten. Velik pomen dajejo hitrosti razvoja in sposobnosti črpanja hranil iz tal zgodaj spomladi, ko je dostop hranil zelo omejen zaradi majhne aktivnosti mikrobov. Takšne sorte oblikujejo glavno zasnovno pridelka že pred obdobjem, ko fitoftora lahko v kratkem času uniči velik del listja. Pri sortah, ki imajo zelo hitro fazo oblikovanja pridelka, se lahko pridelek bistveno poveča (celo za 20 %), tudi če rastno dobo podaljšamo samo za 5-7 dni. Z uporabo alternativnih pripravkov je podaljšanje rastne dobe pri novih odpornih sortah za kakšnih 10 dni povsem možno doseči in s tem že lahko rešimo 30 % pridelka. Velik pomen dajejo tudi sistemu sajenja na način, da so čim manjše enote krompirišč razpršeno porazdelijo med drugimi poljščinami, ki predstavljajo bariero za potovanje zoospor z zračnimi tokovi. Rezultati poskusov kažejo, da se uspešnost varstva poveča pri sistematičnem kombiniranju večjega števila alternativnih pripravkov, med katerimi očitno prihaja do sinergističnih SAR in drugih učinkov (to v preglednici 4 ni vidno). Glavna težava eko-pripravkov je neobstočnost med dežjem. Precej obetavni so tudi pripravki na podlagi bakterij iz rodov *Pseudomonas* in *Xenorhabdus*. Očitno se krompir da pridelovati brez bakrovih pripravkov, kar dokazujejo v Skandinaviji, kjer so uporabo bakra prepovedali (Tamm *et al.*, 2006).

Podatki za preglednico 4 so povzeti po naslednjih virih: Elad *et al.*, 2002; Zarb *et al.*, 2002; Paffrath, 2003; Röhner *et al.*, 2004; Anonimno, 2005; Tamm *et al.*, 2006; Ghorbani *et al.*, 2004, 2005; Hadwiger *et al.*, 2006; Speiser *et al.*, 2006; Anonimno, 2007b; Benker *et al.*, 2007; Dorn *et al.*, 2007 in Leifert, 2009.

### 3.6 Dogajanje in pristopi v Sloveniji

Slovenija trenutno nima izdelanih jasnih strategij za zmanjševanje uporabe bakrovih pripravkov, niti strategij za primer, da se v EU pojavi splošna prepoved uporabe zaradi neizpolnjevanja novih toksikoloških kriterijev. Glede na povprečne vsebnosti bakra v naših trajnih nasadih (večinoma pod 100 mg/kg tal) trenutno še ni potrebe za zaskrbljenost in kakšne izredne ukrepe. Ob nepripravljenosti zaradi prepovedi bi verjetno bili najbolj prizadeti predvsem eko-vinogradniki, saj je trenutna ponudba alternativnih pripravkov na slovenskem trgu zelo slaba. Težava je v tem, da bo v bodoče večino alternativnih pripravkov z dokaj dobrim delovanjem proti peronospori potrebno registrirati kot običajna FFS in uporaba, kot do sedaj, ko so uvrščeni v kategorijo sredstev za nego rastlin, ne bo več možna.

Preglednica 4: Povprečne pričakovane učinkovitosti (%; Abbott) biotičnih pripravkov pri vsaj 10 do 12 preventivnih nanosih polnih odmerkov za zatiranje krompirjeve plesni v primerjavi z učinkovitostjo 6 do 8 nanosov (vsakič vsaj 200 g Cu<sup>++</sup> / ha) klasičnih bakrovih pripravkov (K Cu) in novih formulacij bakrovih pripravkov (NF Cu)

Kom. naziv pripravka	Aktivna snov	Učinkovitost (%; Abbott)
TRICHODEX	Gliva <i>Trichoderma</i> sp.	20-30 %
PROMOT	Gliva <i>T. harzianum</i> + <i>T. koningii</i>	20-40 %
MB1600, SERENADE	bakterija <i>Bacillus subtilis</i>	35-55 %
CLONOTRI	gliva <i>Trichoderma</i> sp. + <i>Clonstachis rosea</i>	20-35 %
AGAT-25K	Produkti fermentacije <i>Pseudomonas aureofaciens</i>	30-50 %
MYCOSIN	Obogateni minerali glin + rastlinski izvlečki	40-65 %
ULMASUD	Obogateni minerali glin	35-55 %
OEKOFLUID P	Minerali glin + lecitin + humusni izvlečki	40-50 %
FERTIFEUILLE	Razkrojki mahov	10-25 %
SPHAGNUM EXT.	Razkrojki mahov	10-15 %
LEBERMOOSER	Izvlečki iz mahov	10-20 %
RAZNI PRIPRAVKI	Razkrojki morskih alg	20-35 %
DUCKWEED EXT.	Gnojilo iz vodnih leč Lemnaceae	10-15 %
SEAWEED EXT.	Izvlečki iz <i>Ascophyllum nodosum</i>	10-15 %
KOMPOST IZVLEČKI	Razni načini priprave izvlečkov – sveži	10-25 %
KOMPOST IZVLEČKI	Razni načini priprave izvlečkov – avtoklavirani	10-25 %
RABARBARA EXT.	Izvlečki <i>Rheum rhabarbarum</i>	30-45 %
SOLIDAGO EXTR.	Izvlečki <i>Solidago canadensis</i>	25-30 %
HEDERA EXTR.	Izvlečki <i>Hedera helix</i>	30-40 %
PAEONIA EXTR.	Izvlečki <i>Paeonia suffruticosa</i>	20-30 %
COMCAT	Okrepčevalec rastlin – rastlinski hormoni	10-15 %
BIOPLANTOL	Okrepčevalec rastlin – huminski derivati	10-15 %
ELOT-VIS	Alkoholni izvlečki rastlin	20-30 %
KENDAL	Rastlinski izvlečki in koncentrirani oligosaharidi	10-15 %
CHITOSAN, CHITOPANT	Izvlečki iz hitinjač rakov (GLUKOZAMIN)	40-50 %
POSKUSNE FORM.	<i>Xenorhabdus bovienii</i>	40-50 %
POSKUSNE FORM.	<i>Pseudomonas putida</i> (I-112)	50-65 %
POSKUSNE FORM	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	35-55 %
K Cu	Cu-hidroksidi, Cu-sulfati, Cu-oksikloridi, ...	70-95 %
NF Cu	Cu-oktanoati, Cu-glukonati, Cu-peptidati	85-95 %

Predvsem za ekološko vinogradništvo bi bilo dobro čimprej razmisliti o registraciji pripravkov na podlagi kalijevih karbonatov (npr. Armikarb in Salukarb) ali fosfonatov. Ekološka pridelava krompirja pri nas je izredno skromna tako, da tukaj večjih težav še ni pričakovati. Pri ekološki pridelavi jabolk pa smo srednje odvisni od bakrovih pripravkov.



Glede na trenutno stanje ocenjujemo, da bi se ob dovolj hitri uvedbi novih sort lahko hitro prilagodili in znali pridelati eko-jabolka brez uporabe bakrovih pripravkov.

V letu 2008 smo v okviru raziskav o možnosti zatiranja hruševega ožiga v nasadih jablan naredili primerjave lastnosti nekaterih standardnih bakrovih formulacij z novejšimi, tako imenovanimi sistemičnimi kompleksnimi bakri. Prvi rezultati kažejo, da lahko imajo kompleksne oblike višjo učinkovitost proti škrlupu, da so večinoma bolj agresivne in povzročajo nekaj večjo fitotoksičnost in, da so vsebnosti bakra po njihovi uporabi v plodovih ob obiranju višje, kot pri standardnih formulacijah. Zadnje ni povsem nepomembno. MRL vrednosti za ostanke bakra v jabolkih se znižujejo. Trenutno smo na meji 5 mg/kg. V poskusih v letu 2008 smo po 12 nanosih 200 g Cu<sup>++</sup> na hektar letno med rastno dobo v plodovih ob obiranju jeseni beležili ostanke na nivoju od 2 do 3,5 mg/kg, kar je približno 50-70 % trenutnih MRL vrednosti. Rezultati kažejo, da tudi ob intenzivni uporabi klasičnih in novih formulacij med rastno dobo v manjših odmerkih (200 – 250 g Cu<sup>++</sup>/ha) ni nevarnosti za prevelike ostanke v plodovih jeseni.

Domača industrija (podjetje Cinakarna Celje, d.d.) se je odločila za razvoj novih kompleksnih bakrovih pripravkov s katerimi bi pospešili prehod v dobo zmanjšane porabe bakrovih pripravkov. Ocenjujemo, da bi pri novih formulacijah (Cu-EDTA, Cu-glukonati, Cu-peptidati, Cu-oktanoati, ...) lahko izvajali uspešno varstvo proti večini pomembnih, od uporabe bakra odvisnih boleznih, s porabo manj kot 2000 g Cu<sup>++</sup> na hektar letno kumulativno, kar je kar trikrat manj, kot so omejitve po sedaj veljavnih EU direktivah, ki govorijo o še dopustnem letnem vnosu na nivoju 6000 g Cu<sup>++</sup> na hektar letno.

#### 4 SKLEPI

- glede na lokalno presežene še dopustne koncentracije bakra v tleh (nad 100-150 mg Cu / kg zemlje) so omejitve porabe bakrovih pripravkov potrebne in neizbežne.
- omejitve za posamezne specifične površine bi bilo potrebno vezati na realno ugotovljeno vsebnost bakra v tleh. Glede na stanje onesnaženosti izkazano z analizo (območja z 100 do 150 mg Cu na kg zemlje) bi bilo potrebno določiti vsaj 20-30 letno shemo porabe po letih za vsako specifično onesnaženo zemljišče in ugotovljeno koncentracijo.
- industrija pri večjem številu boleznih še ni ponudila tako učinkovitih alternativnih pripravkov, ki bi lahko v popolnosti nadomestili bakrove pripravke, zato bi takojšnja popolna prepoved uporabe bakrovih pripravkov lahko povzročila precejšnjo gospodarsko škodo.
- potrebno je bistveno spremeniti formulacije pripravkov, na način, da se biotična aktivnost bakra poveča vsaj za 10 krat. S tem bi lahko bistveno, tudi za 10 krat, zmanjšali potrebne letne odmerke čistega bakra na hektar. Bolezni bi lahko uspešno zatirali z manj kot 1500-2000 g Cu<sup>++</sup> kumulativno na hektar letno.
- v nasadih, kjer so vsebnosti bakra v tleh visoke (nad 100 mg Cu na kg zemlje), bi smeli uporabljati le takšne formulacije bakrovih pripravkov, pri katerih so hektarski odmerki čistega bakra manjši vsaj za dva ali trikrat, kot pri standardnih formulacijah. To so na primer Cu-oktanoati, Cu-glukonati, Cu-pektinati, Cu-EDTA kompleksi in Cu-petidati.
- pripravki na podlagi visoko sistemičnih bakrovih kompleksov imajo sicer izrazito povečano biotično učinkovitosti, vendar se lahko pojavijo težave zaradi prevelikih ostankov v plodovih rastlin, poveča se lahko mobilnost kompleksov skozi plasti tal.
- za doseganje ustreznega razmerja med učinkovitostjo, rezidualnostjo in fitotoksičnostjo bi v formulacijah bilo smiselno, v različnih razmerjih kombinirati različne oblike kompleksov in standardnih prostih bakrovih spojin.

- potrebne so specifične formulacije bakrovih pripravkov, prilagojene za specifične vrste gojenih rastlin.

## 5 LITERATURA

- Anonimno, Copper Development Association. 1988. CDA Publication TN35, Copper in Plant, Animal and Human Nutrition, 109 s. ([www.copperinfo.co.uk](http://www.copperinfo.co.uk))
- Anonimno, 2005. FINAL REPORT: QLK5-CT-2000- 01065, Blight-MOP: Development of a systems approach for the management of late blight (caused by *Phytophthora infestans*) in EU organic potato production. (Chapter 6, Chapter 10), 538 s. ([http://orgprints.org/10650/07/leifert-wilcockson-2005-blight\\_mop-report-chapter6.pdf](http://orgprints.org/10650/07/leifert-wilcockson-2005-blight_mop-report-chapter6.pdf))
- Anonimno, REPCO, 2007a. Replacement of Copper Fungicides in Organic Production of Grapevine and Apple in Europe. Specific Targeted Research Project, Priority 8.1 Policy-oriented research. Publishable Final Activity Report, 73 s. ([http://www.repco.nl/Documents/Publ%20Executive%20Summaries/REPCO%20Final\\_executive\\_summary.pdf](http://www.repco.nl/Documents/Publ%20Executive%20Summaries/REPCO%20Final_executive_summary.pdf))
- Anonimno, Pesticide action network, 2007b. State of the art of Integrated Crop Management & Organic systems in Europe, with particular reference to pest management at Potato production. 65 s. ([http://www.pan-europe.info/Resources/Reports/Potato\\_production\\_review.pdf](http://www.pan-europe.info/Resources/Reports/Potato_production_review.pdf))
- Anonimno, 2007c. Projektantrag im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau Themenkomplex „Pflanzliche Erzeugung“ Projektnummer 06OE324. Erarbeitung einer Strategie zur Reduzierung des Kupfereinsatzes bei der Apfelschorfbekämpfung im ökologischen Obstbau. ([http://orgprints.org/15178/01/Projektantrag\\_Kupfer\\_06OE324.pdf](http://orgprints.org/15178/01/Projektantrag_Kupfer_06OE324.pdf))
- Anonimno, 2008. US Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs - Copper Facts. EPA Document 738-F-06-14.
- Anonimno, EFSA, 2008b. Conclusion on the peer review of copper compounds. Summary of the EFSA Scientific Report 187, 1-101. ([www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu)).
- Benker, M., Zellner, M., Bangemann, L.W., Kleinhenz, B., Bartels, G. 2007. Strategien zur Reduzierung der Kupferaufwandmengen im ökologischen Kartoffelanbau - Projekt „ÖKO-SIMPHYT“. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. 34 s. ([http://orgprints.org/13831/01/LfL\\_Benker\\_2007\\_kupferred\\_kartoffelanbau\\_13831.pdf](http://orgprints.org/13831/01/LfL_Benker_2007_kupferred_kartoffelanbau_13831.pdf))
- Berkelmann-Lohnertz, B. 2003. Kupferersatz im ökologischen Weinbau. 34 s. (<http://orgprints.org/2905/01/2905-02OE190-ble-geisenheim-2003-kupferersatz.pdf>)
- Bengtsson, M. in Hockenhull, J. 2002. Control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple growing. StopScab: A Danish research programme for screening substitutes to copper fungicides. 6th International IOBC/WPRS Workshop of Pome Fruit Diseases, Lindau, Germany, 31. August - 5. September 2002. (<http://orgprints.org/9989/>)
- Bengtsson, M., H.J.L. Jørgensen, E., Wulff, E., Hockenhull, J. 2006. Prospecting for organic fungicides and resistance inducers to control scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple production. Proceedings from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark, s. 318-319. (<http://orgprints.org/7395/>)
- Bengtsson, M. in Hockenhull, J. 2006. Control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in organic apple growing. StopScab: A Danish research programme for screening substitutes to copper fungicides. IOBC / wprs Bulletin, 29(1):1-3.
- Borkow, G. in Gabbay J. 2007. Copper as a biocidal tool. Cupron Inc. Publications, Gibton, Israel, 42. s. ([gadi@cupron.com](mailto:gadi@cupron.com))
- Dagostin, S., Ferrari, A., Pertot, I. 2004. Research report: Integration of different control measures to maximise disease control of *Plasmopara viticola* in Italian organic viticulture (REPCO project). SafeCrop Centre c/o Istituto Agrario, S.Michele all'Adige (Trento) Italy. 47 s.
- Dagostin, S., Ferrari, A., Pertot, I. 2005. Efficacy evaluation of biocontrol agents against downy mildew for copper replacement in organic grapevine production in Europe. IOBC/WPRS Working Group "Integrated Protection and Production in Viticulture", 20-21 October 2005, Boario Terme, Italy. (<http://www.safecrop.org/english/output/posters.html>)
- Dagostin S., Ferrari, A., Pertot, I. 2006. Integration of different control measures to maximise disease control of *Plasmopara viticola*. Italian organic viticulture. Proceedings from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark, s. 338-339. (<http://orgprints.org/7508/>)
- Dagostin, S., Formolo, T., Pertot, I. 2007. Replacement of copper fungicide: Efficacy evaluation of new organic fungicides against downy mildew. IOBC/WPRS Working Group on "Integrated Control in Viticulture", 25-27 Oct 2007, Marsala, Italy. s. 78-90.

- Dorn, B., Musa, M., Krebs, H., Fried P., Forrer, H.R. 2007. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 119 (2): 157-165.
- Eiben, U. in Lüth, P. 2006. Development of novel fungal biocontrol agents. Proceeding from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark, s. 344-346. (<http://orgprints.org/7717/>)
- Elad, Y., Kohl J., Shtienberg, D. 2002. Screening of plant extracts, micro-organisms and commercial preparations for biocontrol of *Phytophthora infestans* on detached potato leaves. *Bulletin Oilb/Srop*, 25: 391–394.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Leifert S. 2005. Alternative treatments for late blight control in organic potato: Antagonistic micro-organisms and compost extracts for activity against *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 48: 181-189.
- Ghorbani, R., Wilcockson, S., Giotis, C., Leifert, C. 2004. Potato late blight management in organic agriculture. *Outlooks on Pest Management*, August 2004: 176-179.
- Georgopoulos, P.G., Roy, A., Yonone-Lioy, M.J., Opiekun, R.E., Lioy, P.J. 2001. Copper: Environmental dynamics and human exposure issues. *Environmental and Occupational Health Sciences Institute (EOHSI)*, Piscataway, Cranford, NJ 07016, 215 s.
- Goebel, G., Kassemeyer, H.H., Düggelin, M., Lehne, J., Simon, A., Riecken, I., Ploss, H. 2004. KUPFER, Entwicklungen zur Reduzierung der Aufwandmengen im Pflanzenschutz. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch.* 396: 228 s.
- Golba, B. 2001. Alternativen zum Einsatz von kupferhaltigen Präparaten im Apfelanbau. *Technische Universität München*, München, 71. s.
- Gomez, C., Chovelon, M., Pertot, I., Dagostin, S. 2007. Reserch report – Alternatives au cuivre dans la maîtrise du mildiou de la vigne, Bilan project REPCO, 2004-2007, 27 s.
- Hadwiger, L. A. in McBride, P. O. 2006. Low-level copper plus chitosan applications provide protection against late blight of potato. Online. *Plant Health Progress*. (<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/chitosan/>)
- Heijne, B., De Jong, P.F., Köhl, J. 2006a. EU-Projekt REPCO entwickelt neue Möglichkeiten zur Biologischen Bekämpfung von Apfelschorf. *Öko-Obstbau*, 4:11-13.
- Heijne, B., De Jong, P.F., Köhl, J., Speksnijder, A.G.C.L., Hockenhull, J. Bengtsson, M., Lindhard, H., Pedersen, K., Paaske, U., Eiben, L., Tamm, L., Trapman, M. 2006b. Prevention and control of apple scab. Proceeding from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark, s. 200-201. (<http://orgprints.org/7781/>)
- Heijne, B., De Jong, P.F., Lindhard, H., Pedersen, K., Paaske, M., Bengtsson, M., Hockenhull J. 2007. Field efficacy of new compounds to replace copper for scab control in organic apple production. *Proceedings of the 3rd QLIF Congress*, Hohenheim, Germany, March 20-23, 2007, s. 249-253. (<http://orgprints.org/9449/>)
- De Jong, P.F., Heijne, B. 2006. REPCO contribution to the development of products for apple scab control. Proceeding from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark, s. 342-343. (<http://orgprints.org/7690/>)
- Kelderer, M., Casera, C., Lardschneider, E. 2006. Erste Ergebnisse mit dem Einsatz von K-hydrogencarbonat in Südtirol. *Tagungsband zum 12. Internationalen Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau. Fördergemeinschaft Ökologischer Obstbau e.V.* 9-14. ([http://orgprints.org/15178/01/Projektrtrag\\_Kupfer\\_06OE324.pdf](http://orgprints.org/15178/01/Projektrtrag_Kupfer_06OE324.pdf))
- Köhl, J., Heijne, B., Hockenhull, J., Lindhard, H., Pedersen, M., Trapman, M., Eiben, U., Tamm, L. 2006. Contributions of EU-project REPCO to apple scab control. *Proceedings 12th International conference on cultivation technique and phytopathological problems in organic fruit-growing*. Weinsberg, Germany, 31st January – 2nd February 2006, s. 73-76. (<http://orgprints.org/8820/>)
- Leifert, C. 2009. Blight-MOP: Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production. ([http://ec.europa.eu/research/agriculture/projects/qlrt\\_1999\\_31065\\_en.htm](http://ec.europa.eu/research/agriculture/projects/qlrt_1999_31065_en.htm))
- Lindhard, H., Paaske, K., Bengtsson, M., Hockenhull, J. 2004. Alternative fungicides to control apple scab in organic apple production: results of an orchard trial in 2003. *DARCOFenews* (2). (<http://www.darcof.dk/enews/june04/scab.html>)
- Mohr, H.D., Holder, J., Berkemann-Löhnertz, B. 2007a. Minimierung des Kupfereinsatzes im ökologischen Weinbau unter besonderer Berücksichtigung der Blattbeläge und ihrer Wirkung gegen den Falschen Mehltau (*Plasmopara viticola*) – Teil 1: 2002 bis 2003. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 59, 3: 49–58.

- Mohr, H.D., Holder, J., Berkelmann-Löhnertz, B. 2007b. Minimization of copper use in organic viticulture with special emphasis on leaf spray deposits and their effect against downy mildew (*Plasmopara viticola*) – Part 2: 2004 to 2007, *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 60, 7: 145–156.
- Paffrath, A. 2003. Wirkung verschiedener Pflanzenstärkungsmittel im ökologischen Kartoffelbau. ([http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/projekte\\_versuche/leitbetriebe\\_2003/16\\_Pflanzenst\\_rkungsmittel\\_KA\\_03.pdf](http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/projekte_versuche/leitbetriebe_2003/16_Pflanzenst_rkungsmittel_KA_03.pdf))
- Pedersen, L., Paaske, K., Bengtsson, M., Hockenhull, J. 2006. Field testing of potential new compounds for apple scab control in organic apple production. *Proceedings from European Joint Organic Congress, 30-31 May, Odense, Denmark*, s. 358-359. (<http://orgprints.org/8039/>)
- Pertot, I., Delaiti, M., Mescalchin, E., Zini, M., Forti, D. 2002. Attività antiperonosporica di nuove formulazioni di composti rameici utilizzati a dosi ridotte e prorotti alternativi al rame impiegabili in viticoltura biologica. *ATTI Giornate Fitopatologiche*, 2:297-302.
- Pertot, I., Gobbin, D., Dagostin, S., Ferrari, A. Gessler, C. 2005. La peronospora della vite. *Publicationi SafeCrop Centre, San Michele all'Adige, Italia*, 64 s. ([http://www.safecrop.org/download/free\\_publications/peronospora\\_interno.pdf](http://www.safecrop.org/download/free_publications/peronospora_interno.pdf))
- Röhner, E., Carabet, A., Buchenauer, H. 2004. Effectiveness of plant extracts of *Paeonia suffruticosa* and *Hedera helix* against diseases caused by *Phytophthora infestans* in tomato and *Pseudoperonospora cubensis* in cucumber *Journal of Plant Diseases and Protection* 111, 1: 83-95.
- Speiser, B., Tamm, L., Amsler, T., Lambion, J. 2006. Improvement of late blight management in organic potato production systems in Europe: field tests with more resistant potato varieties and copper based fungicides. *Biological Agriculture and Horticulture*, 23: 393-412.
- Tamm, L., Smit, A.B., Hospers, M., Janssens, S.R.M., Buurma, S., Mřlgaard, J.P., Lórke, P.E., Hansen, H.H., Hermans, A., Břdker, L., Bertrand, C., Lambion, J., Finckh, M.R., Schřler, C., Lammerts van Bueren, E., Ruissen, T., Nielsen, B.J., Solberg, S., Speiser, B., Wolfe, M.S., Phillips, S., Wilcoxon, S., Leifert, C. 2006. Blight-Mop project report: Published by Assessment of the Socio-Economic Impact of Late Blight and State-of-the-Art Management in European Organic Potato Production Systems. 113 s. (<http://www.orgprints.org/2936>).
- Tamm, L., D'Agostin, S., Schaerer, H.J., Pertot, I. 2008. Screening and testing of products for copper replacement in European viticulture. *Joint publication LIFE & UoA*. (<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1887073.pdf>)
- Van Zwieten, M., Stovold G., Van Zwieten, L. 2007. Alternatives to Copper for Disease Control in the Australian Organic Industry. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No 07/110, 82. s.
- Van Zwieten L., Merrington, G., Van-Zwieten, M. 2004. Review of impacts on soil biota caused by copper residues from fungicide application. *SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia*. ([www.regional.org.au/au/asssi/](http://www.regional.org.au/au/asssi/))
- Van Zwieten, M., Stovold, G., Van Zwieten, L. 2004b. Literature Review and Inventory of Alternatives to Copper for Disease Control in the Australian Organic Industry. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Project DAN-208A. 101 s.
- Zarb, J., Ghorbani, R., Juntharathep, P., Shotton, P., Santos, J., Wilcockson, S., Leifert, C., Litterick, A.M., Bain, R.A., deBoer, E., Halder, F., Sellers, M., Wolfe, S. 2002. Control strategies for late blight in organic potato production. *Proceedings Crop Protection in Northern Britain Conference, 2002*, s. 243-250.